Aus der chirurgischen Klinik und Poliklinik in Basel.
Direktor: Prof. Dr. Max Wilms.

Thermoelektrische Messungen am lebenden Körper bei Wärme- und Kälteapplikation.

□ □ □

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der hohen medizinischen Fakultät

der Universität Basel

eingereicht von

E. LUMPERT, prakt. Arzt.

ZÜRICH ☎ 1910
Dissert.-Druckerei Gebr. Leemann & Co
Stockerstr. 64

Aus der chirurgischen Klinik und Poliklinik in Basel.
Direktor: Prof. Max Wilms.

Thermoelektrische Messungen am lebenden Körper bei Wärme- und Kälteapplikation.

□ □ □

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der hohen medizinischen Fakultät

der Universität Basel

eingereicht von

E. LUMPERT, prakt. Arzt.

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

ZÜRICH ⌀ 1910
Dissert.-Druckerei Gebr. Leemann & Co.
Stockerstr. 64

Genehmigt auf Antrag des Herrn
PROF. DR. MAX WILMS.

Meinen Eltern
in Dankbarkeit gewidmet

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546713_0070

Die lokale Wärmeapplikation, schon lange empirisch als Heilmittel verwertet, ist erst in neuerer Zeit durch Beobachtungen und Experimente in ihrer Wirkung studiert worden. Bier kommt das Verdienst zu, darauf hingewiesen zu haben, dass im wesentlichen eine aktive Hyperaemie der heilsame Faktor ist. Hat man doch früher an eine dekongestionierende Wirkung gedacht, indem durch die Wärme das Blut aus der Tiefe der Gewebe an die Oberfläche geleitet werde und so die tiefen Gewebe eines Gliedes durch Anaemie günstig beeinflusst werden sollten. Nunmehr wissen wir, dass die Hyperaemie sich auch auf die Tiefe erstreckt (Bier, Klapp) und dort ihre heilsame Wirkung entfaltet. Nach Schäffer hat die erhöhte Temperatur auch eine vom Zustand der Gefässe unabhängige Erhöhung der Lymphzirkulation zur Folge, was für den Heileffekt sehr wichtig sein soll.

Bier verwirft aus theoretischen Gründen die aktive Hyperaemie bei akuten Entzündungen. Buchner[1]) und Ullmann[2]) befürworten dieselbe; letzterer erzielte mit Heissluft gute Heilerfolge bei akuten oberflächlichen Entzündungen. Schäffer hat an Tierversuchen die günstige Wirkung der aktiven Hyperaemie histologisch nachgewiesen. An der Basler chirurgischen Poliklinik wurde zuerst von

---

[1]) Buchner: Münch. med. Wochenschrift 1899, Heft 39 u. 40.
[2]) Ullmann: Wiener klin. Wochenschrift 1901.

} siehe Iselin: Münch. med. Wochenschrift, Nr. 16, 1909.

Iselin die Wärme in Form heisser Luft bei akuten Entzündungen systematisch verwertet und wie aus den Publikationen Iselin's hervorgeht, mit bestem Erfolg; freilich hat der Wärmeapplikation die Spaltung der Entzündung vorauszugehen.

Diese günstigen Erfolge der Heissluftherapie haben die Veranlassung zu den folgenden Untersuchungen gegeben, die ich unter der Leitung und mit Herrn Dr. Iselin ausführte[1]) und wofür ich Herrn Dr. Iselin meinen verbindlichsten Dank ausspreche.

Zweck der Untersuchungen war, nachzuweisen, welche Temperaturen an der Hautoberfläche und in der Tiefe der Gewebe bei Wärmeapplikation erreicht werden, ob es sich nur um eine aktive Hyperaemie handelt, oder ob das Gewebe über Bluttemperatur erhitzt wird. An die Messungen bei Wärmeapplikation haben wir dann noch solche bei Kälteapplikation angeschlossen.

Methodik.

Für Temperaturmessungen der Hautoberfläche ist das Quecksilberthermometer nicht geeignet, da während der Zeit, die das Thermometer benötigt, um die Hauttemperatur anzunehmen, die Haut bereits wieder abgekühlt worden ist. Andere Instrumente, wie das Luftthermometer von Merz, haben sich auch nicht bewährt und so kommt nur das thermoelektrische Verfahren in Betracht. Dessen Prinzip ist folgendes: Wird in einer aus zwei verschiedenen Metallen zusammengelöteten Leitung die eine der beiden Lötstellen erwärmt, während die andere kalt bleibt, so entsteht ein Strom, der mittelst einem eingeschalteten Galvanometer gemessen werden kann. Die Stärke des Stromes ist abhängig von der Spannungsdifferenz der beiden Metalle und vom Temperaturunterschied der beiden Lötstellen. Bei

[1]) Ich verweise auf die Arbeit von Dr. Iselin, die in den „Mitteilungen aus den Grenzgebieten" erscheinen wird.

gleicher Leitung ist erstere eine Konstante und wächst die Stärke des Stromes mit dem Temperaturunterschied der beiden Metalle. Setzen wir die eine Lötstelle auf eine konstante Temperatur, z. B. auf den Nullpunkt (schmelzendes Eis), und legen wir die andere Lötstelle dem zu messenden Objekt auf, so wird die Stromstärke jeweils der Temperatur des letztern entsprechen und kann mittelst dem Galvanometer bestimmt werden. Die Vorteile des thermoelektrischen Verfahrens beruhen darauf, dass die Messung sehr rasch geschieht und nur ein minimaler Teil der Hautoberfläche vom Instrument bedeckt wird.

Die thermoelektrische Temperaturmessung ist bereits von Helmholtz für das physiologische Experiment herangezogen worden. Auch Heidenhain und sein Schüler Körner, Rosenthal u. A. haben sich derselben bedient. Krehl hat damit seine Untersuchungen zur Fieberlehre angestellt. Kunkel, sowie Rubner haben die Oberflächentemperaturen des Körpers gemessen. Hirsch und Müller haben damit u. a. beim Kaninchen die interessante Tatsache gefunden, dass die Leber das heisseste Organ ist. Kothe, Bier's Schüler, hat Messungen an erkrankten und hyperaemisierten Gelenken gemacht.

Auch wir bedienten uns fast durchwegs — nicht bloss für Hauttemperaturen — der thermoelektrischen Messung. Wir hielten uns zum grossen Teil an das Verfahren von Nusselt. Die beiden Thermoelemente stellten wir aus Eisen und Konstanten her. Die 4 hierzu verwendeten Drähte waren 0,6 mm dick und je ca. 10 m lang. Es empfiehlt sich, die Drähte recht lang zu nehmen, um zu verhindern, dass die Lötstellen sich gegenseitig beeinflussen. Je ein Eisendraht wurde mit einem Konstantandraht durch Hartlot verbunden. Die beiden so gewonnenen Lötstellen sind annähernd rund und haben einen Durchmesser von ca. 2 mm. Von den Lötstellen aus isolierten wir die Drähte auf ganz kurze Strecke mit Hart-

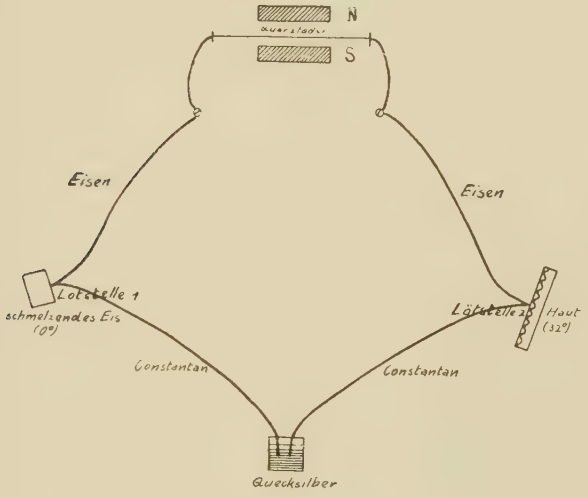
gummi; darüber wickelten wir Seidenfaden und bestrichen diesen mit Zaponlack. Die Konstantandrähte der beiden Elemente wurden miteinander durch Quecksilber verbunden, während die Eisendrähte zum Galvanometer liefen. Zwischen dem einen Eisendraht und dem Galvanometer war ein Rheostat eingeschaltet. Nusselt hat das Galvanometer nach Déprez d'Arsonval verwendet. Dasselbe gab bei unsern Strömen zu kleine Ausschläge. Herr Prof. D. Gerhardt war nun so freundlich, uns sein sehr empfindliches Saitengalvanometer (Edelmann, München), das er zu Herzmessungen verwendet, zur Verfügung zu stellen. Es sei mir erlaubt auch an dieser Stelle Herrn Prof. Gerhardt bestens hiefür zu danken.

Das Saitengalvanometer [3]) beruht auf dem Prinzip des beweglichen Stromträgers in einem festen magnetischen Feld. Der bewegliche Stromträger, ein versilberter Quarzfaden, ist zwischen den Polen zweier Stahlmagnete ausgespannt. Wird ein Strom durchgeleitet, so weicht die Saite senkrecht zu den magnetischen Kraftlinien ab. Mittelst Bogenlicht wird der Faden als Schatten auf die Wand entworfen und können so seine Abweichungen aufgezeichnet und eine Skala gewonnen werden. Die Drähte der Thermoelemente spannten wir, mittelst Faden an Stühle und Tische befestigt, aus; sie waren somit nur durch die Luft isoliert, was aber genügt. Natürlich hätten wir dieselben auch auf Spulen aufwickeln können. Zur Kalibrierung unseres Thermoskopes benutzten wir einen Thermometer, den wir von der Basler physikalischen Anstalt auf seine Richtigkeit prüfen liessen.

Zunächst wurden beide Lötstellen auf schmelzendes Eis, also auf gleiche Temperatur gebracht und so der Nullpunkt bestimmt. Dann tauchten wir die eine Lötstelle und das

[3]) Einthoven: Annalen der Physik, Bd 12, 1903. — Edelmann: Mitteilungen Nr. 4 aus dem physikal.-mechan. Institut von Prof. Dr. H. Th. Edelmann, München.

Thermometer in ein Wasserbad. Es ist hierbei sehr wichtig, dass Lötstelle und Thermometer konstant gleichweit ins Wasserbad eintauchen, da die verschiedenen Schichten des Wassers nicht gleiche Temperatur haben. Wir erreichten dies in sehr einfacher Weise, indem wir ein Brettchen,



das zwei enge Oeffnungen hatte, dem Gefäss auflegten und Thermoelement und Thermometer gleichweit durch diese Oeffnungen hindurchsteckten. Das Wasser wurde nun langsam erwärmt und bei jedem Grad Temperaturzunahme der Galvanometerausschlag notiert und eine Skala hergestellt.

Wirkung der Heissluft auf die Hautoberfläche.

Die ersten Versuche nahmen wir an uns selbst vor. Wir bestimmten zunächst die Hauttemperatur des Vorderarmes bei gewöhnlicher Lufttemperatur und fanden Tem-

peraturwerte von 31° und 32°. Dann brachten wir den Vorderarm für ¾ St. in einen Heissluftkasten und konstantierten alsdann eine Temperatur von 37°. Bei einem Herrn mit einem Blasenleiden und abendlichen Temperatursteigerungen stieg die Temperatur fast auf 39°.

Zu den weitern Messungen dienten uns vornehmlich Patienten, denen wegen verschiedener Affektionen des Vorderarmes und der Hand eine Nachbehandlung mit Heissluft verordnet war. Wir bestimmten jeweils die Temperatur vor der Behandlung und zwar meist an der Volarfläche des Vorderarmes und der Hand und fanden Temperaturen von 30—33°. Nach 1—1½stündiger Einwirkung der heissen Luft war die Temperatur in 5 Fällen auf 37° gestiegen; in einem Fall, es handelte sich um einen ältern Mann, nur auf 35°, in einem andern Fall, bei einem jugendlichen Individuum, auf 38°. Wir liessen dann in einem Fall die heisse Luft noch länger einwirken, nämlich 2 Std., aber die Temperatur stieg nicht höher als auf 37°.

Die Temperaturen im Heissluftkasten, mittelst Thermometer gemessen, varierten zwischen 100°—130°. Diese Temperaturen hatte aber nur die Luft der obersten Schichten, wo das Thermometer eingelassen war. In den tiefen Schichten, wo sich der Arm befindet, ist die Temperatur stets niedriger als oben, indem sich unten die kältere Luft ansammelt, während die wärmere Luft nach oben steigt. Die Differenz beträgt ca. 20°—30° und mehr.

Die Messungen wurden möglichst rasch, nachdem der Arm den Heissluftkasten verlassen hatte, vorgenommen, um einem allfälligen raschen Sinken der Temperatur zuvorzukommen. Es empfiehlt sich, das Thermoelement vorzuwärmen, damit es der Haut nicht viel Wärme entzieht. Dies geschieht am besten, indem man sich das Thermoelement für kurze Zeit auf die eigene Hand aufsetzt und es dann möglichst rasch auf den erhitzten Arm bringt. Um genau gleiche Hautstellen vor und nach der Behandlung

zu messen, haben wir uns anfangs mittelst Blaustift Punkte notiert; verschiedene Punkte wiesen aber ziemlich gleiche Temperaturen auf.

Wir wissen zwar, dass verschiedene Körperregionen bei gewöhnlicher Lufttemperatur nicht die gleiche Temperatur haben (Kunkel); innerhalb einer Region sind aber die Variationen jedenfalls gering. Beim Aufsetzen des Thermoelementes ist darauf zu achten, dass dasselbe nicht in die Haut eingepresst wird; tut man dies, so werden die Temperaturwerte um ca. 1° erhöht.

Es lag uns nun auch daran, zu ermitteln, ob im Heissluftkasten selbst vielleicht höhere Temperaturen erreicht würden, als unmittelbar nach der Behandlung an der gewöhnlichen Lufttemperatur. Zu diesem Zwecke mussten wir die Drähte des Thermoelementes vorerst auf ca. 50 cm isolieren, weil innerhalb des Heissluftkastens die Drähte, durch die Luft rasch erhitzt, die Wärme nach der Lötstelle leiten würden. Zur Isolierung verwendeten wir feine Hartgummiröhrchen (alte Ureterenkatheter). Unter Deckung der Hand führten wir das Thermometer in den Heissluftkasten ein, um es dann rasch auf den zu messenden Arm und Hand aufzusetzen; hierbei muss man sehr darauf achten, dass die Luft mit der Lötstelle nicht in Berührung kommt. Wir fanden nun auch im Heissluftkasten keine höhern Hauttemperaturen.

Es interessierte uns ferner, zu ermitteln, wie hoch die Lufttemperatur in nächster Umgebung des erhitzten Gliedes sei. Wir fanden Temperaturen, die zwischen 39° bis 45° varierten. In weiterer Umgebung und gleicher Höhe fanden wir 65°—80° und mehr.

Ein weiterer Versuch, an uns selbst vorgenommen, gab uns Aufschluss über die obere Grenze der noch ertragbaren Temperatur. Wir setzten den Vorderarm 1 St. mög-

lichst heisser Luft aus, wobei das Thermometer in den obern Luftschichten zeitweise bis auf 140° stieg. Es zeigte sich, dass der Vorderarm eine Temperatur von ca. 100° — in der Höhe des Armes gemessen — eben noch ertrug. Die Temperatur am Vorderarm betrug 37°—37,5°. Ein gleicher Versuch im elektrischen Heissluftkasten ergab ein anderes Resultat. Hier stellte sich schon bei 60° — in der Höhe des Vorderarmes gemessen — heftiges Jucken ein und eine Temperatur von 75° war bereits unerträglich. Die Temperatur am Vorderarm betrug nach einstündiger Einwirkung 37°. Auf der Haut bildeten sich nachher einige kleine Blasen. Dass im elektrischen Heissluftkasten keine so hohen Temperaturen ertragen werden, beruht wohl auf der Wärmestrahlung, die hier wirksam ist. Es möge hier eine Zusammenstellung der untersuchten Fälle fogen:

Tabelle I.

Temperaturmessungen der Haut am Vorderarm verschiedener Individuen.

Fall	vor der Behandlung	nach Behandlung	Dauer
1	31°	37°	3/4 St.
2	32°	37°	3/4 „
3	32°	38—39°	3/4 „
4	30°	37°	1 „
5	30°	37°	1 1/2 „
6	32°	35°	1 1/4 „
7	33°	37°	1 1/2 „
8	32°	38°	1 1/2 „
9	31°	37°	1 1/4 „
10	32°	37°	1 1/4 „
11	33°	37°	2 „
	mit Verband		
12	32°	37°	1 „

Tabelle II. Vorderarm 31°

	Dauer	Temperatur
Heissluft	nach 15 Min.	37 °
	„ 30 „	36,5 °
	„ 45 „	37 °
	„ 60 „	37 °
ohne	„ 10 „	34 °
	„ 30 „	34 °
	„ 60 „	33 °
	„ 80 „	32 °

Ehe wir aus dieser Zusammenstellung Schlüsse ziehen, sei daran erinnert, wie der Organismus selbst für Wärme sorgt, wie er die Wärme zu regulieren und sich gegen äussere Einflüsse zu schützen vermag.

Der Organismus verschafft sich die Wärme durch den Stoffwechsel; je intensiver dieser ist, umso grössere Wärmemengen werden produziert. Der Stoffwechsel ist in hohem Grade von äussern thermischen Einflüssen abhängig. Je kälter das uns umgebende Medium ist, umso intensiver ist der Stoffwechsel. Es handelt sich hier um eine reflektorische Wirkung, verursacht durch Temperaturreiz der Haut. Auch innere Einflüsse sind wichtig, indem durch direkte Einwirkung auf das Gewebe z. B. infolge Intoxikation der Eiweisszerfall erhöht wird und durch zentrale Erregung der Stoffwechsel gesteigert werden kann; beides soll im Fieber der Fall sein (Hirsch). Auch vom Alter ist die Intensität des Stoffwechsels abhängig. Im jugendlichen Alter, während der Wachstumsperiode, ist der Stoffwechsel am grössten; er sinkt dann allmählich.

Neben dem Stoffwechsel ist für die Temperatur der Gewebe die mehr oder minder grosse Durchblutung von Bedeutung. Durch thermische und chemische Reize kann dieselbe beeinflusst werden. Wir wissen, dass durch Wärmeapplikation eine aktive Hyperaemie hervorgerufen

wird und dass diese direkt durch Einwirkung auf die Gefässe erfolgen kann (Bier). Ob reflektorische Einflüsse hier auch eine Rolle spielen, ist noch unsicher.

Für die Wärmeregulierung ist ferner die Wärmeabgabe der Haut wichtig. Diese erfolgt durch Wärmeleitung, Wärmestrahlung und Wasserverdunstung.

Die Wärmeabgabe ist einerseits abhängig von der Intensität des Stoffwechsels und der Durchblutung der Haut, anderseits von der Beschaffenheit des die Haut umgebenden Mediums, seines Wärmegrades, seiner Wärmekapazität und seines Feuchtigkeitsgehaltes.

Was nun die Einwirkung der Lufttemperatur auf die Haut betrifft, so wissen wir nach den Untersuchungen von Kunkel, dass die Hauttemperatur bei ziemlich starken Schwankungen der Lufttemperatur nur wenig variert.

Betrachten wir Tabelle I, so ergibt sich, dass verschiedene Individuen bei gewöhnlicher Lufttemperatur keine grossen Unterschiede der Hauttemperatur aufweisen. Wir fanden Differenzen von ca. 0°—3° am Vorderarm und an der Hand und können als mittlere Temperatur hier 32° bezeichnen.

Erhöhten wir nun künstlich die Temperatur der Luft um Werte, für die das Wärmeregulierungsvermögen der Haut nicht mehr ausreicht, so sahen wir eine Steigerung der Hauttemperatur um mehrere Grade. Wir fanden auch hier eine ziemlich konstante Zahl, nämlich 37°, und wurde somit die freie Hautoberfläche auf Bluttemperatur erhitzt. Eine Messung in der Achselhöhle mittelst dem Thermoelement ergab 37°.

Die Resultate von Kothe weichen von den unsern wesentlich ab. Kothe fand in den meisten Fällen eine Temperaturerhöhung von 8° (z. B. 32°—40°); bei möglichst heisser Luft beobachtete er noch beträchtlichere Temperaturvermehrung (42°—43°); dabei kamen aber häufig leichte Verbrennungen vor; in andern Fällen wurde

nur ein Wärmeüberschuss von 4°—5° erzielt (z. B. von 31° auf 35°—36°).

Bezüglich der Nachwirkung der heissen Luft haben wir ein gleiches Resultat gefunden (Dauer ca. 1½ St.; anfangs rasches, dann langsames Sinken der Temperatur).

Die Haut schützt sich gegen die heisse Luft vornehmlich durch eine vermehrte Durchblutung des Gewebes. Sobald die Lufttemperatur höher ist als die Bluttemperatur, wirkt das Blut als ein Kühlstrom.

Neben der vermehrten Durchblutung des Gewebes spielt auch die Wasserverdunstung eine wichtige Rolle. Dass diese eine beträchtliche ist, können wir aus dem Umstand schliessen, dass wir in der nächsten Umgebung des Vorderarmes und der Hand im Heissluftkasten mit unserm Thermoelement nur Temperaturen von 39° bis 45° fanden. Wir versuchten auch die Menge des verdunsteten Wassers zu messen. Wir brachten den Vorderam (1450 Volumen) für 1 St. in einen gut verschlossenen elektrischen Heissluftkasten, in welchem sich 200 gr getrocknetes Chlorcalcium befand. Nach einstündiger Einwirkung der heissen Luft wog die Chlorcalciummenge 205 gr und hat also 5 gr Wasser absorbiert. Mit einem gewöhnlichen Heissluftkasten kann dieser Versuch nicht gemacht werden, weil die Luft nach der Erwärmung durch die Spiritusflamme bereits feucht ist.

Dass durch lokale Wärmeapplikation eine Aenderung in der Intensität des Stoffwechsels bewirkt wird, ist wohl unwahrscheinlich. Durch die Wärme wird allerdings reflektorisch die Intensität des Stoffwechsels herabgesetzt; bei lokaler Wärmeapplikation jedoch wohl nur in geringem Masse. Anderseits erfährt das Blut infolge Wärmezufuhr eine Temperaturerhöhung. Beide Faktoren dürften sich wohl ausgleichen.

Dass aber bei der Erhitzung der Haut die Intensität des Stoffwechsels sich geltend macht, das glaube ich, geht

aus unseren Versuchen hervor. So stieg bei einem älteren Manne die Temperatur bloss auf 35°, während bei einem Fiebernden dagegen fast 39° und bei einem jugendlichen Individuum, wo der Stoffwechsel auch intensiv ist, 38° erreicht wurden. Ist der Stoffwechsel herabgesetzt und somit die Bluttemperatur erniedrigt, so muss bei vermehrter Durchblutung der Haut die kühlende Wirkung des Blutes auf das Gewebe entsprechend stärker sein, und wird das Gewebe deshalb weniger stark erhitzt. Bei der Erhöhung des Stoffwechsels ist das Umgekehrte der Fall.

Fassen wir alles zusammen, so können wir sagen, dass die Haut sich gegen hohe Wärmegrade der Luft vornehmlich durch vermehrte Blutzirkulation und auch durch Wasserabgabe sehr gut zu schützen weiss, dass die Erhitzung der Haut keine sehr bedeutende ist, indem die Hauttemperatur ziemlich konstant nur bis 37° steigt.

Wirkung der Kataplasmen auf die Hautoberfläche.

Wir haben nun auch Versuche mit feuchter Wärme, in Form von Kataplasmen, gemacht. Hier haben wir ein ganz anderes Medium vor uns. Während die Luft nur geringe Wärmekapazität besitzt, ein schlechter Wärmeleiter ist und geringen Feuchtigkeitsgehalt hat, ist bei den Kataplasmen das Umgekehrte der Fall. Es wird also einerseits der Haut mehr Wärme zugeführt, während diese anderseits durch Wasserverdunstung nur wenig Wärme abgeben kann. Die Bepackung mit schweren heissen Massen übt einen Druck auf die kleinen Gefässe aus und behindert so die Blutzirkulation (Bier). Demzufolge müssen wir a priore annehmen, dass bei Applikation feuchter Wärme keine so hohen Grade ertragen werden, wie bei heisser Luft. Ein Versuch hat uns dies bestätigt. Wir stellten uns einen möglichst heissen Breiumschlag her und ver-

suchten ihn der Volarseite des Vorderarms aufzulegen. Es zeigte sich, dass derselbe erst bei ca. 54° ertragen wurde. Nach 10 Minuten war die Temperatur auf 37° gestiegen. Ein anderes Individuum ertrug eine Temperatur von 56½°; nach 3½ Minuten betrug die Temperatur des Vorderarmes 37°.

Also auch hier wiederum dieselbe Temperaturerhöhung wie bei der heissen Luft.

Wirkung des Thermophors auf die Hautoberfläche.

Bei der trockenen Wärme, die wir am bequemsten mit dem elektrischen Thermophon applizieren, haben wir wieder andere Verhältnisse. Die Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit des festen Stoffes ist grösser als die der Kataplasmen; es wird der Haut mehr Wärme zugeführt, während die Wasserverdunstung wohl kaum stärker ist. Auch hier wird durch Druck die Blutzirkulation behindert.

Der Versuch zeigte, dass der Thermophor erst bei ca. 50° erträglich war; aber diese Temperatur wurde nur für 5 Minuten ausgehalten. Die Messung ergab dann fast 39°. Es ist hierbei aber wohl zu einer Schädigung des Gewebes gekommen, wenn dieselbe auch makroskopisch noch nicht nachweisbar war. Bei einem weitern Versuch, wobei die Temperatur des Thermophors anfangs auch 50° betrug, fanden wir am Vorderarm nach 3 Minuten 38°, nach 30 Minuten 38° und nach 1 Stunde 36°; die Temperatur des Thermophors war indes auf 42° gesunken. Bei einem dritten Versuch stieg die Hauttemperatur auf 36° nach einer Erhitzung von 5 Minuten; die Temperatur des Thermaphors war von 42° auf 48° gestiegen. Wir können also auch hier einen Mittelwert von 37° annehmen, der

aber weniger konstant innegehalten wird, als bei heisser Luft und Kataplasmen.

Es ergibt sich also, dass die Haut, je nachdem wir heisse Luft, feuchte oder trockene Wärme applizieren, verschieden hohe Temperaturen zu ertragen vermag, dass die Erhitzung der Haut hierbei aber in allen Fällen keine sehr bedeutende ist und ein ziemlich konstantes Maximum von 37° erreicht wird. Würden wir die Erhitzung weiter treiben, so würde das Gewebe Schaden leiden. Der Schmerz, der sich bei stärkerer Erhitzung einstellt, warnt uns hiervor.

Watteeinpackung, Verbände mit Alkohol und essigsaurer Thonerde.

Ausser durch Wärmezufuhr können wir allein schon durch Verminderung der Wärmeabgabe die Hauttemperatur erhöhen.

Wir packten einem Jungen den ganzen Arm für drei Stunden mit Watte ein und fanden dann eine Temperatur von 35°. Nach 25 Minuten sank dieselbe auf 32° zur Norm zurück.

Mittel, die reflektorisch eine Hyperaemisierung der Haut herbeiführen, sind Verbände mit Alkohol und essigsaurer Thonerde.

Bei einem dreistündigen Alkoholverband des Armes war die Temperatur auf 34°—35° gestiegen und sank nach 24 Minuten wieder auf 32°. Der essigsaure Thonerde-Verband, 3 Stunden an Fuss und Unterschenkel appliziert, ergab eine Temperatur von 34°, die rasch auf 32° sank.

Wir erhalten also mit einfacher Watteeinpackung eher eine stärkere Erwärmung der Haut als mit Alkohol und essigsaurer Thonerde. Allen drei Mitteln aber ist die Wärmeapplikation um das doppelte überlegen.

Tiefenwirkung der Wärme.

Wie schon erwähnt, hat Bier zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass die Wärme auch in der Tiefe eine Hyperaemie verursache. Klapp erhitzte den Bauch eines Kaninchens im Heissluftapparat und fand dann bei der sofortigen Eröffnung der Bauchhöhle regelmässig eine Hyperaemie der ganzen Bauchwand, der Serosa, des Darms und des Centrum tendinum des Zwerchfells.

Bei Applikation von Kataplasmen fanden Temperatursteigerungen:

Salomon:	Urethra	2,86 °
	Mund	0,75 °
	Hohlhand	0,15—0,3 °
	Fisteln	0,2—2,4°
Wilms:	Urethra	3,8°
Quinke:	„	bis 41 °
Schäffer:	„	1,6—4,5°

Wir eröffneten einem Kaninchen mit kleiner Incision die Bauchhöhle und führten ein Thermoelement ein und nähten die Bauchdecken um das Thermoelement wieder zu. Die Temperatur in der Bauchhöhle betrug 35 °. Wir legten Kataplasmen auf und die Temperatur stieg in 14 Minuten auf 38,5 °. Mit dem Thermophor erreichten wir in drei Minuten 45 °. Bei Heissluft (70 °—50 °) stieg die Temperatur sofort auf 46 °. (S. Tabelle III.)

Schäffer fand bei seinen Versuchen, dass bei Temperaturen des Wärmestoffes über 46 ° (trockene Hitze) Merkmale der Gewebeschädigung eintraten. Wir haben diese Temperatur am Kaninchen selbst erreicht und sind somit jedenfalls an der Grenze des noch Ertragbaren angelangt.

Beim Hund stieg die Temperatur beim Thermophor in 5 Minuten von 35 ° auf 40 °; bei Heissluft (90—80 °) in 21 Minuten auf 40 °. (S. Tabelle IV und V.)

Wir nahmen auch Messungen am Menschen vor. Hier mussten wir uns freilich mit Fisteln begnügen. In einer Ileumfistel stieg die Temperatur beim Thermophor von 36¼ ° auf 39½ ° aber erst in 45 Minuten. In einer Magenfistel bei Heissluft (70 °—90 °) von 38 ° auf 38½ ° in 30 Minuten, also eine kaum merkliche Temperaturerhöhung. (S. Tabelle VI und VII.)

Kälteapplikation mittelst Eisblase.

Ein ebenso einfaches und populäres Heilmittel, wie die Wärme, ist die Kälte. Beide haben das Gemeinsame, dass sie den Schmerz zu lindern vermögen. Ihre Wirkung ist aber dem Wesen nach eine grundverschiedene. Statt aktiver Hyperaemie verursacht Kälte eine Kontraktion der Gefässe, eine Anaemie, der bald eine Erschlaffung der Gefässwände, eine passive Hyperaemie folgt. Dem Vorderarm wurde eine Eisblase aufgelegt. Die Temperatur fiel

nach ¼ St. auf 18 °
„ ½ „ „ 16 °
„ ¾ „ „ 15 °
„ 1 „ „ 15 °

und stieg nach der Entfernung

nach ¼ St. auf 28 °
„ ½ „ „ 32 ° (normal).

Die Wirkung der Kälte auf die Hauttemperatur ist also eine prompte und intensive. Die Nachpirkung jedoch gering. Mit Aethylchlorid, wo natürlich ganz andere Verhältnisse vorliegen, sank die Temperatur der betreffenden Hautstelle auf 5 °—10 °, war aber schon in 2½ Minuten wieder normal. Dass die Kälte auch in die Tiefe wirkt, ist in der Literatur aus mehreren Untersuchungen ersichtlich. So hat u. a. vor allem Schultze zahlreiche Messungen in der Peritonealhöhle von Hunden gemacht. Er fand bei

einer Entfernung der Thermometerkugel von ½ cm (sie lag zwischen den Bauchmuskeln) innerhalb 20 Minuten einen Temperaturabfall von 10° und darüber; bei einer Entfernung von 2 cm ein Sinken von 2°; bei 6¾ cm Entfernung (die Thermometerkugel reichte bis an die Wirbelsäule) um 0,2—0,4°.

Schlikof stellte Versuche am Menschen an und fand ein Sinken der Temperatur:

	in Mundhöhle	um 5,1°
	„ Hohlhand	„ 4,86°
	„ Pleurahöhle	„ 2,5°
	„ Darm	„ 2,3°
	„ Fistelgang	„ 0,6°
	„ Vagina	„ 0,58°
Salomon	„ Mundhöhle	„ 5,2°
	„ Urethra	„ 18°
	„ Fistel (1 cm Tiefe)	„ 13°

Unsere Untersuchungen ergaben in der Bauchhöhle des Kaninchens einen Temperaturabfall von 9° in 5 Minuten. (S. Tabelle III.) Beim Hund 8° in 6 Minuten. (S. Tabelle V.) Beim Menschen sank die Temperatur in einer Ileumfistel in 30 Minuten von 36¼° auf 22°. Nach Entfernung der Eisblase stieg die Temperatur in 40 Minuten auf 36¼°; in 50 Minuten auf 37¼°; in 60 Minuten auf 37½° (s. Tabelle VI), war nun also um 1¼° höher als vor der Behandlung. Wir dürfen diese Temperaturerhöhung wohl als eine reaktive Hyperaemie auffassen.

Bei einer Kolonfistel von 8 cm Tiefe trat trotz einstündiger Applikation der Eisblase kein Temperaturabfall ein. (S. Tabelle IX.)

Bei einer Magenfistel stieg sogar die Temperatur in 42 Minuten von 38° auf 38½°; sank dann in 51 Minuten auf 36¼°, um bald wieder (60 Minuten) auf 38¼° zu steigen. (S. Tabelle IX.) Nun bildet der Magen freilich

einen grösseren Hohlraum und es ist vielleicht möglich, dass die vordere Magenwand abgekühlt wurde, der Hohlraum jedoch nicht.

Es ergibt sich somit, dass beim Kaninchen und Hund sich sehr rasch ein beträchtlicher Temperaturabfall in der Bauchhöhle einstellt. Beim Menschen werden Darmteile, die den Bauchdeckn näher liegen, in etwas längerer Zeit auch beträchtlich abgekühlt; in Partien, die tief liegen und grössere Hohlräume darstellen, ist die Wirkung gleich Null oder jedenfalls minimal.

Es liegt nahe an die Wirkung der Eisapplikation, die in vielen Fällen sicherlich in einer beträchtlichen Abkühlung der Gewebe besteht, therapeutische Hoffnungen zu knüpfen. Die Versuche von Schäffer sprechen jedoch dagegen. Schäffer hält auf Grund histologischer Untersuchungen am Tier, dafür, dass Kälte zur Beseitigung schon entwickelter, entzündlicher Infiltrate nicht geeignet ist; die bakterielle Entwicklung wird zwar gehemmt, aber nach der Behandlung setzt diese rasch wieder ein und zwar auffallend intensiv.

Wir können also mit Kälte einen entzündlichen Prozess wohl aufhalten für einige Zeit, aber wir können ihn nicht beseitigen. Immerhin kann auch ersteres unter Umständen von grosser Bedeutung sein.

Zusammenfassung.

Fassen wir die Resultate unserer Untersuchungen kurz zusammen, so ergibt sich folgendes:

1. Die Hauttemperatur steigt bei Wärmeapplikation rasch auf ein ziemlich konstantes Maximum von 37 °, welches solange, als die Wärmeapplikation währt, beibehalten wird. Die geringe Temperaturerhöhung, als Nachwirkung der Wärmeapplikation auf die Haut, kann lange anhalten (ca. 80 Minuten).

2. Eine Temperaturerhöhung von 2°—3° erzielen wir schon durch Behinderung der Wärmeabgabe, sowie mit Mitteln, die reflektorisch die Temperatur erhöhen sollen. (Alkohol, essigsaure Thonerde.)

3. Die Tiefenwirkung der Wärme ist beim Kaninchen und auch noch beim Hund eine beträchtliche. (Temperaturerhöhung in der Bauchhöhle um 10° und 5°.) Beim Menschen erreichten wir mit Thermophor in einer Ileumfistel eine Temperatursteigerung von 3¼° (36¼°—39½°) in 45 Minuten; in einer Magenfistel mit Heissluft eine Temperatursteigerung von ½° (38°—38½°) in 30 Minuten.

4. Bei Applikation trockener Wärme gelingt es, das Gewebe über Bluttemperatur zu erhitzen. Bei Heissluftapplikation hingegen erreichten wir beim Hund nach 22 Minuten nur eine Temperatursteigerung von 36° auf 40° (mittlere Rektaltemperatur 39°), also kaum eine Erhöhung über Bluttemperatur. Beim Menschen, wo durch starke Wasserverdunstung die Luft in der nächsten Umgebung der Haut bedeutend abgekühlt wird (39°—45°), ist eine Erhitzung der tiefen Gewebe über Bluttemperatur auszuschliessen.

5. Die Haut kann durch Kälte bis auf ca. 15° abgekühlt werden. Die Nachwirkung ist keine anhaltende und die Hauttemperatur nach ca. 30 Minuten wieder normal.

6. Die Tiefenwirkung der Kälte ist beim Kaninchen und Hund eine sehr beträchtliche (9° und 8° Temperaturabfall in der Bauchhöhle schon nach 5 und 6 Minuten). Beim Menschen für nicht zu tiefe Partien auch eine sehr erhebliche (Ileumfistel 14¼°).

Tabelle III.

Temperaturmessungen in der Bauchhöhle beim Kaninchen.

(Tiefenwirkung von Thermophor, Eisblasen, Kataplasmen und Heissluftbad).

Kaninchen:	Bauchhaut		32 °
	Bauchhöhle		35 °
Thermophor	nach 5	Min.	40 °
	„ 10	„	43 °
	„ 17	„	42 °
	„ 24	„	41 °
Eisblase	„ 2	„	27 °
	„ 5	„	26 °
Eisstück, direkt auf der Haut gegenüber dem Element	„ 1	„	16 °
Eisblase	„ 6	„	20 1/4 °
Kataplasmen	„ 1/2	„	28 °
	„ 1	„	30 °
	„ 2	„	34 °
	„ 3	„	35 °
	„ 9	„	30 °
	„ 14	„	30 °
	„ 19	„	38 1/2 °
	„ 30	„	38 °
Thermophor frisch gekocht, 10 Min.	„ 1/2	„	40 °
	„ 1	„	41 °
	„ 3	„	45 °
ohne	„ 1	„	40 °
	„ 3 1/2	„	37 °
	„ 10	„	36 °
	„ 15	„	35 °

Heissluft		
70—50 °	sofort	46 °
52 °	nach 2 Min.	43 °
51 °	„ 3 „	42 °
ohne	„ 1 „	40 °
	„ 4 „	37 °
Hauttemperatur (Falte)		34 °
nicht geheizte Stelle		32 °
Unterhaut: nach 10 Min.		34½ °
andere Hautstellen nicht geheizt		32 °
Zirka 6 Min. später in einer Unterhauttasche		34½ °

Tabelle IV.

Temperaturmessungen beim Hund in der Bauchhöhle.

Heissluft	bei 40 °	nach 1	Min.	36 °
	„ 50 °	„ 1½	„	36½ °
	„ 60 °	„ 2	„	37 °
	„ 69 °	„ 2½	„	37 °
	„ 65 °	„ 3	„	38 °
	„ 56 °	„ 4	„	37½ °
	„ 63 °	„ 5	„	37½ °
Tier unruhig	„ 70 °	„ 6	„	38 °
„ wimmert	„ 78 °	„ 7	„	39 °
„ ruhig	„ 61 °	„ 8	„	39 °
„ „	„ 56 °	„ 9	„	39 °
„ „	„ 54 °	„ 10	„	38 °
„ „	„ 71 °	„ 11	„	38 °
„ unruhig	„ 73 °	„ 12	„	38 °
„ ruhig	„ 65 °	„ 13	„	38 °
„ unruhig	„ 75 °	„ 14	„	38 °
	„ 73 °	„ 15	„	37½ °
	„ 66 °	„ 16	„	38½ °

	bei	68 °	nach 17	Min.	38 °
	„	75 °	„ 18	„	38 °
	„	80—78 °	„ 19	„	39 °
	„	76—85 °	„ 20	„	39 °
	„	85—90 °	„ 21	„	39 °
	„	91—80 °	„ 22	„	40 °
	„	75—69 °	„ 23	„	38 3/4 °
	„	69—85 °	„ 24	„	38 3/4 °
	„	90 - 93 °	„ 26	„	39 °
	„	94—90 1/2 °	„ 27	„	38 °
	„	93—90 °	„ 28	„	39 °
	„	92 °	„ 29	„	39 1/4 °
	„	90—89 °	„ 30	„	39 °
	„	84—90 °	„ 31	„	39 °
	„	81 °	„ 31	„	39 °
	„	87—93 °	„ 33	„	39 °
Abkühlung	„	84—75 °	„ 34	„	39 °
	„	70—66 °	„ 35	„	39 °
	„	65 °	„ 36	„	39 °
	„	60—55 °	„ 37	„	38 1/4 °
	„	51 °	„ 38	„	38 °
	„	48 °	„ 39	„	38 °
	„	45 1/2 °	„ 40	„	37 1/2 °
	„	43 1/2 °	„ 41	„	37 1/4 °
	„	42 1/2 °	„ 42	„	37 °
Abgekühlt			„ 43	„	37 °
			„ 44	„	37 °
Bauchfalte		35 °	„ 44	„	— °
„		35 °	„ 45	„	36 1/2 °
„		35 °	„ 46	„	36 °
			„ 47	„	36 °
			„ 48	„	36 °
			„ 49	„	36 °
			„ 50	„	36 °
			„ 55	„	36 °

äussere Haut unverändert			
Falte	nach 60 °	Min.	34 1/3 °
ohne Falte	„ 60 °	„	33 1/2 °
rote Stelle	„ 60 °	„	34 1/2-35°
ungewärmte Stelle			
Falte	„ 60 °	„	34 1/2 °

Tabelle V.

Temperaturmessung beim Hund in der Bauchhöhle.

Temperatur der Bauchhaut (3 St. rasiert, unbedeckt)			32 °
Temperatur des subcutanen Gewebes			35 °
Element subcutan: nach Auflegen eines Eisstückes sofort Abfall der Temperatur			25 °
Intraperitoneal gemessen:			
Eisblase	nach 2	Min.	35 °
	„ 1	„	32 °
	„ 2	„	30 °
	„ 3	„	29 °
	„ 6	„	27 °
Thermophor (frisch gekocht)	„ 1/2	„	30 °
	„ 1	„	33 °
	„ 2	„	36 °
Tier fängt an zu wimmern	„ 3	„	38 °
	„ 4	„	39 °
	„ 5	„	40 °

Temperaturmessungen beim Menschen.

Tabelle VI. Ileumfistel.

Ileumfistel normal				$36^{1}/_{4}$ °	
Eisblase	nach	3	Min.	34 °	
	„	9	„	$31^{1}/_{2}$ °	
	„	15	„	$27^{1}/_{2}$ °	
	„	19	„	27 °	Nullpunkt unsicher
	„	25	„	23 °	
	„	30	„	22 °	
ohne Eisblase	„	2	„	23 °	
	„	8	„	25 °	
	„	15	„	29 °	
	„	20	„	32 °	
	„	30	„	$34^{1}/_{4}$ °	
	„	36	„	$35^{3}/_{4}$ °	
	„	40	„	$36^{1}/_{2}$ °	
(reaktive Hyperaemie)	„	50	„	$37^{1}/_{4}$ °	
	„	60	„	$37^{1}/_{2}$ °	
Thermophor auf Flanell	„	3	„	$37^{1}/_{2}$ °	
	„	6	„	38 °	
	„	13	„	$38^{1}/_{4}$ °	
ohne Flanell, mit dünnen Leinen	„	22	„	$38^{1}/_{2}$ °	
	„	35	„	39 °	
	„	45	„	39 °	
ohne Thermophor	„	10	„	38 °	

Tabelle VII. Ileumfistel (Messung mit Thermometer).

Ileumfistel				37 °
Thermophor		nach	7 Min.	38 °
		„	17 „	38 1/2 °
		„	28 „	38 1/4 °
		„	45 „	39 1/2 °
		„	60 „	39 1/4 °

Tabelle VIII. Magenfistel b.

Magenfistel				38 °
Eisblase		nach	6 Min.	38 °
		„	12 „	38 °
		„	19 „	38 1/4 °
		„	42 „	38 1/2 °
		„	51 „	36 3/4 °
		„	60 „	38 1/4 °
Heissluft	55—70 °	„	5 „	38 °
	80 °	„	10 „	38 1/2 °
	75—80 °	„	15 „	38 1/2 °
	70—90 °	„	30 „	38 1/2 °

Tabelle IX. Kolonfistel.

Einführen des Elementes 8 cm tief			37 1/2 °
Eisblase	nach	60 Min	37 1/2 °

Literaturangaben.

1. Bier: Hyperaemie als Heilmittel, Vogel, Leipzig, 1906.
2. Schäffer: Der Einfluss unserer therapeutischen Massnahmen auf die Entzündung. Enke, Stuttgart, 1907.
3. Iselin: Zentralblatt für Chir., H. 43, 1908. Münch. med. Wochenschrift, H. 16, 1909.
4. Jochmann: Grundriss der Experimentalphysik, Winckelmann, Berlin, 1903.
5. Kunkel: Zeitschrift für Biologie, Bd. 25, S. 55, 1889.
6. Rubner: Archiv für Hygiene, Bd. 23, S. 13, 1895.
7. Hirsch, Müller und Rolly: Deutsches Archiv für klin. Medizin, H. 1 u. 2, 1902.
8. Nusselt: Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure, Bd. 52, S. 906, 1908.
9. Kothe: Münch. med. Wochenschrift, H. 31, S. 1379, 1904.
10. Tigerstedt: Lehrbuch der Physiologie, Hirzel, Leipzig, 1905.
11. Salomon: Berl. klin. Wochenschrift, H. 50, S. 1093, 1897.
12. Schlikoff: Deutsches Archiv für klin. Med., Bd. 18, H. 6, S. 576, 1876.